

PERENCANAAN BANGUNAN PENGAMAN PANTAI PADA DAERAH PANTAI KIMA BAJO KABUPATEN MINAHASA UTARA

Injilia Christy Mamanua

Tommy Jansen, A. K. T. Dundu

Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Sam Ratulangi

Email : injiliamamanua@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pantai Kima Bajo yang terletak di Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara adalah salah satu kawasan yang digunakan oleh sebagian masyarakat sebagai tempat pemukiman. Selain itu potensi pariwisatanya sudah mulai meningkat. Hal ini dibuktikan dengan mulai adanya pembangunan home stay/cottage didaerah ini. Namun pantai Kima Bajo ternyata sudah mulai terancam erosi dan sedimentasi yang dipengaruhi oleh banyak faktor. Bila dibiarkan maka lama-kelamaan keadaan ini akan menyebabkan dampak yang negatif yaitu rusaknya pantai dan juga dapat mengganggu akan aktifitas keseharian masyarakat setempat. Untuk melindungi pantai Kima Bajo dari kerusakan maka dibangun bangunan pelindung pantai.

Hal-hal yang diperlukan dalam perencanaan yaitu ketersediaan data primer dan data sekunder. Data-data sekunder tersebut antara lain : data angin, dan data pasang surut. Kemudian data tersebut dianalisa untuk mendapatkan gelombang rencana dan angkutan sedimen pantai.

Berdasarkan hasil analisa tugas akhir ini didapatkan perencanaan bangunan pengaman pantai yang digunakan adalah groin dengan tinggi 6.5 meter, lebar puncak 2.5 meter, kemiringan 1 : 2, dan fungsi bangunan untuk mengurangi transport sedimen.

Kata kunci : *Pantai Kima Bajo, Bangunan Pengaman Pantai, Groin.*

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kabupaten Minahasa Utara memiliki luas wilayah $\pm 2.314,39$ km² dan terletak pada lokasi yang strategis karena berada diantara dua kota, yaitu kota Manado dan kota pelabuhan Bitung. Kima Bajo merupakan salah satu daerah pantai yang berada di kabupaten ini. Secara geografis pantai Kima Bajo berada pada posisi koordinat antara 1°36'04.35" LU dan 124°52'07.56" BT. Pantai ini berada dalam wilayah administrasi kecamatan Wori dengan batas-batas wilayah sebagai berikut:

1. Sebelah Utara :Desa Budo
2. Sebelah Timur :Desa Talawaan Bantik
3. Sebelah Selatan :Desa Wori
4. Sebelah Barat :Laut Sulawesi

Berdasarkan hasil pengamatan dan wawancara yang dilakukan dengan masyarakat setempat diketahui bahwa masalah serius yang terjadi di Kima Bajo adalah erosi dan sedimentasi pantai. Selain karena kondisi alam dan proses yang terjadi secara alami, seperti angin, arus, dan gelombang, aktivitas manusia menjadi salah satu faktor penting penyebab

terjadinya kerusakan didaerah pantai. Bahkan pada saat tiba musim gelombang banyak tempat tinggal warga yang mengalami kerusakan karena berada dalam jangkauan limpasan gelombang laut.

Beberapa waktu yang lalu pemerintah setempat telah mencoba mengatasi permasalahan tersebut dengan metode pengaman alami berupa menanami kawasan pantai dengan pohon bakau (mangrove). Tetapi usaha itu tidak berhasil karena banyak tanaman yang rusak dan tumbang akibat terpaan gelombang. Kondisi tersebut menjelaskan pentingnya kajian terhadap penanganan masalah kerusakan yang terjadi didaerah pantai Kima Bajo berupa suatu perencanaan desain bangunan pengaman pantai.

Rumusan Masalah

Kerusakan yang terjadi pantai Kima Bajo dapat menimbulkan kerugian yang besar dengan rusaknya berbagai fasilitas yang ada maupun dapat mengganggu ketentraman masyarakat yang bermukim didaerah tersebut. Dengan demikian, diperlukan perencanaan bangunan pengaman pantai yang tepat agar pantai Kima Bajo dapat terlindungi.

Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk merencanakan jenis dan dimensi bangunan pengaman pantai yang sesuai dengan kondisi daerah pantai Kima Bajo.

Batasan Masalah

Dalam penelitian ini, masalah dibatasi pada hal-hal sebagai berikut:

1. Daerah tinjauan adalah di pantai Kima Bajo Kecamatan Wori Kabupaten Minahasa Utara.
2. Analisis finansial tidak diperhitungkan.
3. Mengabaikan faktor bencana alam seperti tsunami.

Manfaat Penelitian

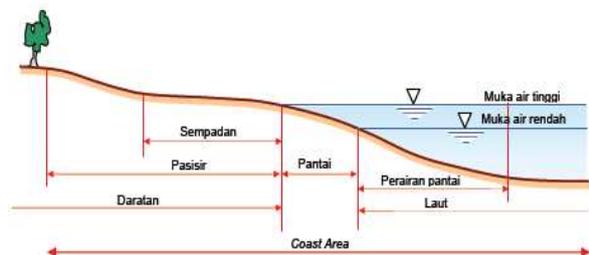
Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini antara lain:

1. Memberikan informasi mengenai bangunan pengaman pantai yang tepat untuk daerah pantai Kima Bajo.
2. Memberikan wawasan dan pengetahuan bagi penulis dan pembaca tentang perencanaan bangunan pantai.
3. Menjadi bahan pertimbangan bagi pihak terkait sebagai solusi penanggulangan masalah yang terjadi didaerah pantai.

LANDASAN TEORI

Gambaran Umum Pantai

Pantai merupakan daerah yang dinamis dimana perubahannya selalu terjadi setiap saat dalam skala ruang dan waktu. Perubahan yang sering terjadi adalah garis pantai selalu bergerak dan berubah-ubah disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya yaitu gelombang.



Gambar 1. Batas daerah pantai (Sumber : eprints.undip.ac.id)

Permasalahan Daerah Pantai

Mengingat pentingnya wilayah pantai di Indonesia dan sangat intensif pemanfaatan untuk kegiatan manusia serta pengaruh gelombang, arus, dan pasang surut yang terjadi secara terus

menerus, mengakibatkan timbulnya masalah-masalah seperti erosi, abrasi, akresi.

Metode Pengaman Pantai Alami

Alam pada umumnya telah menyediakan mekanisme perlindungan pantai secara alami yang efektif.

1. Pantai Pasir
2. Pantai Lumpur
3. Pantai Karang

Metode Pengaman Pantai Buatan

Apabila lindungan alamiah tidak ada atau sudah tidak aktif lagi karena rusak maka dapat dibuat perlindungan buatan.

1. Revetment
2. Tembok Laut
3. Dinding Penahan Tanah/Bulkheads
4. Groin
5. Jetty
6. Pemecah gelombang (*Breakwater*)

Analisa Struktur Bangunan Pengaman Pantai

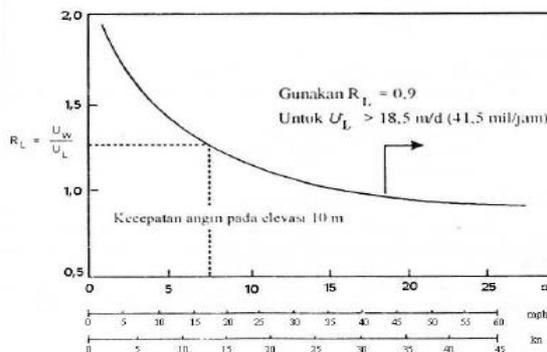
1. Angin

Data angin digunakan untuk menentukan arah gelombang dan tinggi gelombang secara empiris. Data yang diperlukan adalah data arah dan kecepatan angin. Hubungan antara angin di atas laut dan angin di atas daratan yang terdekat diberikan oleh persamaan berikut:

$$R_L = \frac{U_w}{U_L}$$

Dimana :

- U_L = Kecepatan angin yang diukur di darat (m/d)
- U_w = Kecepatan angin di laut (m/d)
- R_L = Tabel koreksi hubungan kecepatan angin di darat dan di laut.



Gambar 2. Grafik hubungan antara kecepatan angin di laut dan di darat

Dari kecepatan angin yang didapat, dicari faktor tegangan angin (*wind stress*) dengan persamaan:

$$UA = 0,71 U^{1,23}$$

Dimana:

- *U* adalah kecepatan angin dalam meter/detik.
-

2. Gelombang

a. Teori Gelombang Amplitudo Kecil (*Airy*)

Teori gelombang amplitudo kecil diperoleh dari penyelesaian persamaan Laplace dengan menggunakan berbagai kondisi batas yang sederhana. Kondisi batas adalah kondisi yang membatasi domain hitungan (daerah hitungan) sehingga persamaan-persamaan dalam daerah hitungan dapat diselesaikan.

Dari kondisi batas tersebut dicari potensial kecepatan periodik yang memenuhi pengaliran tak rotasional. Potensial kecepatan ini kemudian digunakan untuk menurunkan persamaan dari berbagai karakteristik gelombang seperti fluktuasi muka air, kecepatan dan percepatan partikel, tekanan, kecepatan rambat gelombang, dan sebagainya.

Berdasarkan kedalaman relative, yaitu perbandingan antara kedalaman air *d* dan panjang gelombang *L* (*d/L*), gelombang dapat diklasifikasikan menjadi tiga macam. Dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 1. Pembagian jenis gelombang menurut kedalaman

Klasifikasi	<i>d/L</i>	$2\pi d/L$	$\tanh(2\pi d/L)$
Perairan dalam	$> 1/2$	$> \pi$	≈ 1
Perairan menengah	1/25 sampai 1/2	1/4 sampai π	$\tanh(2\pi d/L)$
Perairan dangkal	$< 1/25$	1/4 sampai π	$\tanh(2\pi d/L)$

Gelombang dalam satu periode penjalarannya sama dengan satu panjang gelombang dan jika cepat rambat gelombang dihubungkan dengan periode dan panjang gelombang akan menjadi :

$$C = \frac{L}{T} \dots\dots\dots (1)$$

Hubungan cepat rambat dengan kedalaman gelombang menjadi :

$$C = \sqrt{\frac{gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)} \dots\dots\dots (2)$$

Dengan mensubstitusi persamaan 1. ke persamaan 2. maka didapatkan :

$$C = \left(\frac{2gL}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)\right)^{1/2} \dots\dots\dots (3)$$

$$C = \left(\frac{g(CT)}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)\right)^{1/2} \dots\dots\dots (4)$$

$$C^{3/2} = C^{1/2} \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)\right)^{1/2} \dots\dots\dots (5)$$

$$\frac{C^{3/2}}{C^{1/2}} = \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)\right)^{1/2} \dots\dots\dots (6)$$

$$C^{3/2-1/2} = \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)\right)^{1/2} \dots\dots\dots (7)$$

$$C^{1/2} = \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)\right)^{1/2} \dots\dots\dots (8)$$

$$C = \left(\frac{gT}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right)\right) \dots\dots\dots (9)$$

Harga $2\pi/L$ disebut angka gelombang, $2\pi/L$ disebut frekuensi gelombang, sehingga dari persamaan (1) dan (9) didapat panjang gelombang (*L*) yang berdasarkan hubungan kedalaman dan periode gelombangnya.

$$L = \frac{gT^2}{2\pi} \tanh\left(\frac{2\pi d}{L}\right) \dots\dots\dots (10)$$

3 Hindcasting Gelombang

a. Fetch

Arah fetch bisa datang dari segala arah, yang besarnya dapat dihitung sebagai berikut :

$$F_{eff} = \frac{\sum F \cos \alpha}{\sum \cos \alpha}$$

- Koreksi Elevasi
Kecepatan angin yang digunakan adalah kecepatan angin yang diukur pada elevasi 10 meter. Jika data angin didapat dari pengukuran pada elevasi yang lain (misalnya *y* meter), maka dapat dikonversi dengan persamaan :

$$U_{(10)} = U(y) \left(\frac{10}{y}\right)^{1/7}$$

- Koreksi Stabilitas
Koreksi ini diperlukan, jika terdapat perbedaan temperatur antara udara dan air laut. Besarnya koreksi dilambangkan dengan R_T , dimana :

$$U = R_T \times U_{10}$$

b. Refraksi Gelombang

$$Kr = \sqrt{\frac{b_o}{b}} = \sqrt{\frac{\cos \alpha_o}{\cos \alpha_1}}$$

c. Pendangkalan Gelombang

$$K_s = \sqrt{\frac{n_o \times C_o}{n1 \times L1}}$$

d. Proses Pecahnya Gelombang

Tipe gelombang pecah dapat dibedakan sebagai berikut :

$0 < \xi_o < 0.5$: *Spilling*

$0.5 < \xi_o < 3.3$: *Plunging*

$\xi_o < 3.3$: *Surgin*

4. Pasang Surut

$$F = \frac{AK1 + A01}{AM2 + AS2}$$

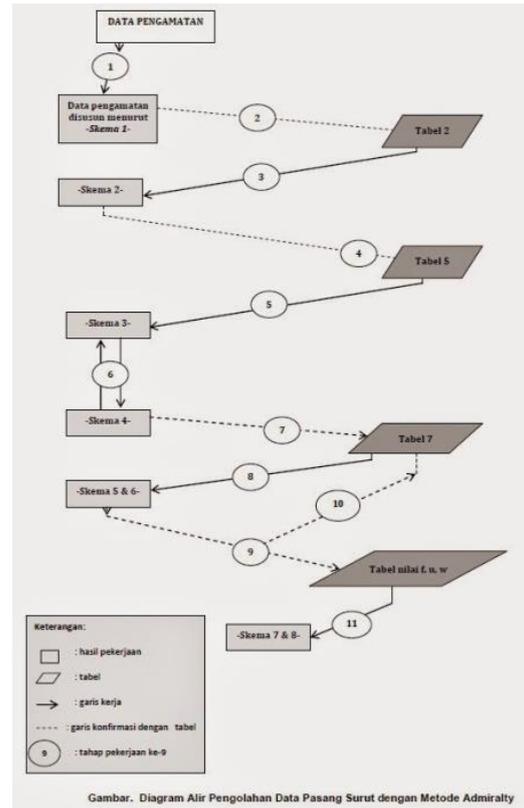
Klasifikasi pasang surut dilakukan sebagai berikut :

- Pasang ganda jika $F < 0,25$
- Pasang campuran ganda jika $0,25 < F < 1,50$
- Pasang campuran tunggal jika $1,50 < F < 3,00$
- Pasang tunggal jika $F > 3,00$

5. Metode Admiralty

Metode ini terbatas untuk menguraikan data pasang surut selama 15 atau 29 hari dengan interval pencatatan 1 jam.

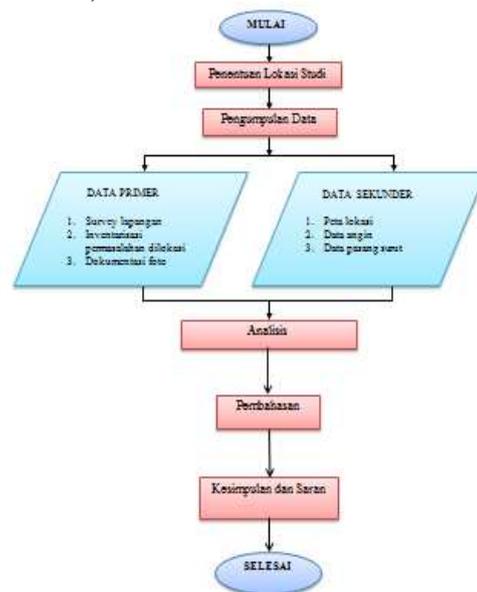
Skema perhitungan pasang surut metode *admiralty* ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Skema perhitungan pasang surut metode *admiralty*

METODOLOGI PENELITIAN

Tahapan penelitian dapat dilihat pada bagan alir (*flow chart*) di bawah ini:



Gambar 4. Bagan alir penelitian

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Penentuan Tipe Pasang Surut

Hal yang terpenting dalam perencanaan suatu struktur bangunan pantai adalah dengan mendapatkan nilai dari konstanta-konstanta pasang surut. Data pasang surut tersebut digunakan untuk penentuan tipe pasang surut serta elevasi muka air laut yang terjadi setelah dianalisis dengan metode *admiralty*.

Tabel 2. Komponen pasang surut hasil analisis untuk pantai Kima Bajo.

	SO	M2	S2	N2	K1	O1	M4	MS4	K2	P1
A _{cm}	190	123	46	14	28	14	1	9	12	9
g ^o	0.00	106.62	203.44	238.59	350.50	64.90	111.96	286.13	203.44	350.50

Berdasarkan komponen-komponen pasang surut yang didapat dari hasil analisis dengan menggunakan metode *Admiralty* maka dapat ditentukan tipe pasang surut yang terjadi di pantai Kima Bajo dengan menggunakan angka pasang surut “F” (*tide form number* “*Formzahl*”). Dimana F ditentukan sebagai berikut :

$$F = \frac{K1 + O1}{M2 + S2} = \frac{28 + 14}{106.62 + 203.44} = 0.1336$$

Maka dapat disimpulkan bahwa tipe pasang surut pada lokasi studi adalah termasuk tipe Pasang Surut Harian Ganda (*semidiurnal*) dengan nilai $0 < F = 0.1336 < 0.25$.

Penentuan Tinggi Dan Periode Gelombang

Tabel 3. Rekapitulasi arah, tinggi, dan periode gelombang berdasarkan *hindcasting* gelombang tahun 2003-2013.

	Bulan.	H&T	Arah Datang Gelombang					Max. Tjap. Bulan	
			U	BL	B	BD	S	Arah Dominan	H-T
1	Januari	H (m)	0.9033	0.6050	0.9033	0.0000	0.0000	B	0.9033
		T (det)	3.9817	3.3138	3.9817	0.0000	0.0000		3.9817
2	Februari	H (m)	0.8311	0.6220	0.6237	-	-	U	0.8311
		T (det)	3.8326	3.3560	3.0150	-	-		3.8326
3	Maret	H (m)	0.7722	0.3713	1.3344	-	-	B	1.3344
		T (det)	3.7057	2.6500	4.7607	-	-		4.7607
4	April	H (m)	0.4400	-	0.7503	-	-	B	0.7503
		T (det)	2.1315	-	3.6571	-	-		3.6571
5	Mei	H (m)	0.2844	-	0.5766	0.2844	-	B	0.5766
		T (det)	2.3452	-	3.2416	2.3452	-		3.2416
6	Juni	H (m)	1.0303	0.4400	0.1742	0.0000	-	U	1.0303
		T (det)	4.2289	2.2832	1.8737	0.0000	-		4.2289
7	Juli	H (m)	0.0045	0.0022	0.0146	0.3620	-	BD	0.3620
		T (det)	1.1328	0.6603	1.6014	2.6192	-		2.6192
8	Agustus	H (m)	0.1371	0.0000	0.1539	0.0000	-	B	0.1539
		T (det)	1.6787	0.0000	1.7703	0.0000	-		1.7703
9	September	H (m)	0.2157	-	0.0173	0.3222	-	BD	0.3222
		T (det)	2.0665	-	1.4608	2.4833	-		2.4833
10	Oktober	H (m)	0.5067	0.2539	0.2844	-	-	U	0.5067
		T (det)	3.0553	2.2266	2.3452	-	-		3.0553
11	November	H (m)	0.1742	-	0.5766	0.3583	-	B	0.5766
		T (det)	1.8737	-	3.2416	2.6069	-		3.2416
12	Desember	H (m)	0.5836	0.0000	1.3344	0.0000	-	B	1.3344
		T (det)	3.2596	0.0000	4.7607	0.0000	-		4.7607
Max Tjap. Arab.		H (m)	1.0303	0.6220	1.3344	0.3620	0.0000	B	1.3344
		T (det)	4.2289	3.3560	4.7607	2.6192	0.0000		4.7607

Tinggi dan periode gelombang ditentukan dengan menggunakan metode *hindcasting* atau peramalan. Peramalan dilakukan dengan menggunakan data angin maksimum harian yang nantinya akan menghasilkan tinggi dan periode gelombang yang maksimum. Gelombang maksimum ini digunakan sebagai acuan dalam perencanaan dimensi bangunan pantai. Hal ini dimaksudkan agar bangunan pengaman pantai yang direncanakan tetap aman pada saat gelombang besar datang.

Perhitungan Angkutan Sedimen

Rumus yang dipakai untuk menghitung besarnya transpor sedimen sepanjang pantai adalah mengikuti perhitungan CERC/Coastal Engineering Research Center (US Army, 2002).

Data-data yang sudah diketahui :

- Tinggi gelombang (H_o) : 1.334 m
- Periode gelombang (T_o) : 4.7698 detik
- Koefisien refraksi disisi luar breakzone (K_{rbr}) : 1.003
- Sudut datang gelombang : 45^o
- Cepat rambat gelombang : 7.4408 m/det

Maka, untuk menghitung berapa jumlah angkutan sedimen pertahun (S) m³/tahun dengan menggunakan rumus dari CERC yaitu :

$$S = 0.014 \times 10^6 \times H_o^2 \times C_o \times K_{KBR}^2 \times \sin \alpha_{br} \times \cos \alpha_{br}$$

$$= 0.014 \times 10^6 \times 1.334^2 \times 7.4408 \times 1.003^2 \times \sin 45 \times \cos 45$$

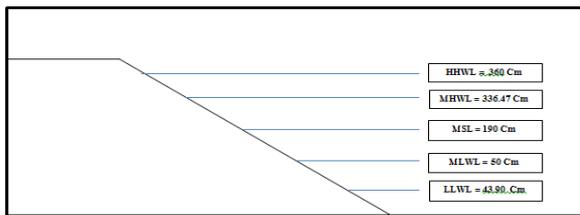
$$= 93246.212 \text{ m}^3/\text{tahun}$$

Perhitungan Dimensi Bangunan Pengaman Pantai

Umum

Dari pemilihan alternatif bangunan pengaman pantai yang telah dibahas sebelumnya maka bangunan pengaman pantai yang dipilih untuk mengatasi masalah yang terjadi didaerah pantai Kima Bajo adalah Groin. Groin yang digunakan dalam tugas akhir ini dipilih groin tipe *rubble mound* karena sifatnya yang fleksibel sehingga kerusakan maupun kelongsoran yang terjadi akibat serangan gelombang tidaklah berakibat fatal karena bangunan masih dapat berfungsi menahan serangan gelombang.

Penentuan Elevasi Groin



Gambar 5. Sketsa data pasang surut

Elevasi dasar groin direncanakan pada LLWL yaitu 43,90 cm. Ketinggian muka air pada ujung bangunan groin yang direncanakan sebesar HHWL yaitu 360 cm dari dasar laut.

Analisa Struktur Dimensi Groin

Lebar *surfzone* = db/m | Jarak antar groin = 1 x L_s
 = 3,65/0,036 = 1 x 101,389
 = 101,389 m = 101,389 m
 Panjang groin = 40% x 101,389 Jumlah groin = 2 buah
 = 40,5556 = 41 m

Perhitungan Gelombang Rencana dan Gelombang Pecah

Perhitungan Koefisien Refraksi

H_o = 1.3344
 T_o = 4.7698
 Hitung panjang gelombang laut dalam dengan rumus :
 L_o = 1.56T²
 L_o = 1.56 x 4.7698²
 = 35.4911 m
 Hitung nilai α
 d/L_o = 25/35.4911
 = 0.7
 Cari nilai d/L untuk nilai d/L_o = 0.7

Tabel 4. Pembacaan nilai d/L dan n

d/L _o	d/L	2πd/L	tanh 2πd/L	sinh 2πd/L	cosh 2πd/L	K _s	K	4πd/L	sinh 4πd/L	cosh 4πd/L	n
0.6000	0.60063	3.7739	0.9989	21.763	21.786	0.997	0.0459	7.5477	948.21	948.2	0.5040
0.6100	0.61056	3.8363	0.9991	23.166	23.187	0.997	0.0431	7.6726	1074.3	1074.	0.5036
0.6200	0.62051	3.8988	0.9992	24.660	24.681	0.997	0.0405	7.7975	1217.3	1217.	0.5032
0.6300	0.63045	3.9613	0.9993	26.252	26.271	0.998	0.0381	7.9225	1379.3	1379.	0.5029
0.6400	0.64041	4.0238	0.9994	27.947	27.965	0.998	0.0358	8.0476	1563.1	1563.	0.5026
0.6500	0.65036	4.0863	0.9994	29.753	29.770	0.998	0.0336	8.1727	1771.5	1771.	0.5023
0.6600	0.66032	4.1489	0.9995	31.676	31.691	0.998	0.0316	8.2979	2007.7	2008.	0.5021
0.6700	0.67029	4.2116	0.9996	33.723	33.738	0.998	0.0296	8.4231	2275.5	2275.	0.5019
0.6800	0.68026	4.2742	0.9996	35.904	35.918	0.999	0.0278	8.5484	2579.2	2579.	0.5017
0.6900	0.69023	4.3369	0.9997	38.227	38.240	0.999	0.0262	8.6737	2923.6	2924.	0.5015
0.7000	0.70021	4.3995	0.9997	40.700	40.712	0.999	0.0246	8.7991	3314.0	3314.	0.5013
0.7100	0.71018	4.4622	0.9997	43.334	43.346	0.999	0.0231	8.9244	3756.7	3757.	0.5012
0.7200	0.72016	4.5249	0.9998	46.139	46.150	0.999	0.0217	9.0499	4258.7	4259.	0.5011
0.7300	0.73015	4.5876	0.9998	49.127	49.137	0.999	0.0204	9.1753	4827.8	4828.	0.5010
0.7400	0.74013	4.6504	0.9998	52.308	52.317	0.999	0.0191	9.3008	5473.2	5473.	0.5008

Untuk d/L_o = 0.7000
 d/L = 0.70021 , n= 0.5013

Cepat rembat gelombang :

C_o = L_o/T
 = 35.4911/4.7698
 = 7.4408 m/det
 C = L/T
 = 35.7036/4.7698
 = 7.4854 m/det

Sin α = C/C_o × sin α
 = 7.4854/7.4408 × sin 45
 = 0.7113
 α = 45.3444°

Tentukan nilai koefisien Refraksi (K_r)

K_r = √(cos α / cos α)
 K_r = √(cos 45 / cos 45.3444)
 K_r = 1.0030

Perhitungan Koefisien Shoaling

Koefisien pendangkalan :

K_s = √(n_oL_o / nL)

Dimana: n_o = (dilaut dalam) 0.5 ; L_o = 35.4911 m

K_s = √(0.5 x 35.4911 / (0.5013 x 35.7036))
 K_s = 0.9957

Perhitungan Gelombang Pecah

Tentukan nilai H'_o dan H_b

Dik : H_o = 1.3344 m
 T_o = 4.7698 detik
 H = 1.3326 m
 K_s = 0.9957
 d/L_o = 0.7

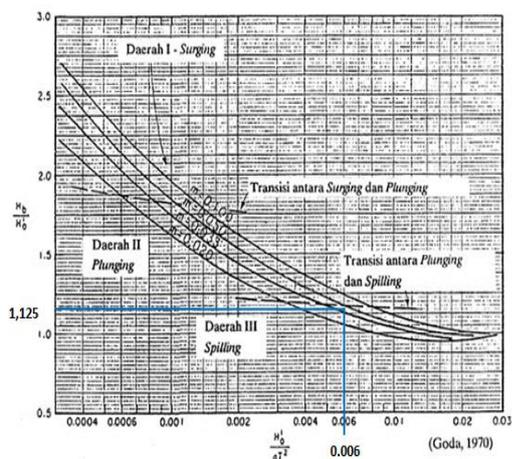
maka

H'_o = H_o/K_s
 = 1.3344/0.9957
 = 1.3401

H'_o/gT² = 1.3401/9.81 x 4.7698²
 = 0.0060

Nilai H_b didapat dari hasil plot antara nilai H'_o/gT² dan kemiringan pantai (m) pada grafik "Penentuan Tinggi Gelombang Pecah, Bambang Triatmodjo, 'Teknik Pantai'".

Plot pada grafik untuk $H'o/gT^2=0.0060$ dan $m = 0.036$



Gambar 6. Penentuan tinggi gelombang pecah

$$H_b/H'o = 1.125$$

$$H_b = (H_b/H'o) \times H'o = 1.125 \times 1.3401 = 1.507$$

Wave set-up

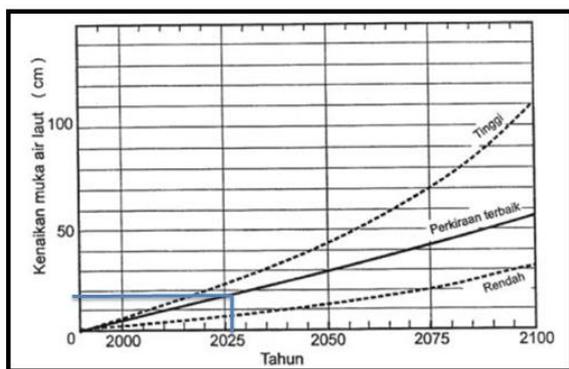
$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{H_b}{gT^2}} \right) H_b$$

$$S_w = 0.19 \left(1 - 2.82 \sqrt{\frac{1.3344}{9.81 \times 4.7698^2}} \right) \times 1.3344 = 0.198 \text{ meter}$$

Sea Level Rise

Peningkatan konsentrasi gas-gas rumah kaca di atmosfer menyebabkan kenaikan suhu bumi sehingga mengakibatkan kenaikan muka air laut. Perkiraan besar kenaikan muka air laut diberikan pada Gambar IV.3. Dari gambar didapatkan kenaikan muka air laut yang terjadi tahun 2027 dengan perkiraan terbaik adalah 19 cm = 0.19 meter (direncanakan umur bangunan = 10 tahun).

Gambar 7. Grafik perkiraan besarnya kenaikan muka air laut dari tahun 1990-2100



Sehingga didapatkan elevasi muka air rencana adalah sebagai berikut :

$$DWL = HHWL + S_w + SLR$$

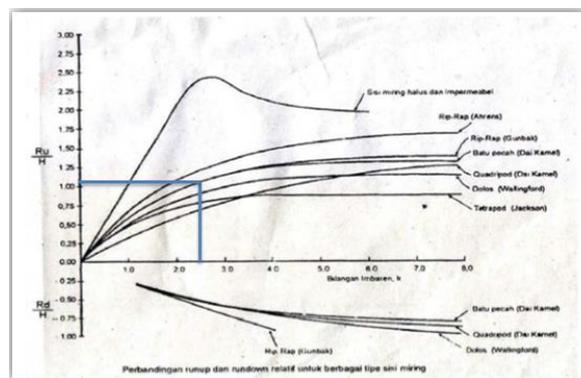
$$DWL = 3.60 \text{ m} + 0.198 \text{ m} + 0.19 \text{ m}$$

$$DWL = + 3.98 \text{ meter}$$

Run-up gelombang

Direncanakan:
 Jenis bangunan = groin
 Lapis lindung = batu alam
 Tinggi gelombang(H) = 1.3344 meter
 Kemiringan bangunan= 1: 2
 $Lo = 1.56 T^2 = 1.56 \times 4.7698^2 = 35.4911 \text{ meter}$

$$I_r = \frac{tg \theta}{\left(\frac{H}{Lo}\right)^{0.5}} = \frac{1/2}{\left(\frac{1.3344}{35.4911}\right)^{0.5}} = 2.58$$



Gambar 8. Grafik run up gelombang

$$\frac{Ru}{H} = 1.05$$

$$Ru = 1.05 \times 1.3344 = 1.4 \text{ meter}$$

$$\text{Elevasi mercu} = DWL + Ru + F_b = 3.98 + 1.4 + 0.2 = 5.58 \text{ m}$$

Berat Armour Unit

Didalam perencanaan ini groin akan menggunakan lapisan pelindung dari batu pecah alam. Untuk lapis lindung dari batu pecah bersudut kasar dengan $n=2$. Berdasarkan penelitian Hudson (1953) (dalam Triatmojo,1990) di laboratorium angkatan darat Amerika Selatan (USACE, Waterway experiment station, Vicksburg, Missisipi) suatu rumus dikembangkan untuk menentukan berat lapis pelindung. Bentuk rumus tersebut adalah sebagai berikut :

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta} \text{ untuk } S_r = \frac{\gamma_r}{\gamma_\alpha}$$

γ_r = berat jenis batu (2.3 t/m²)
 γ_a = berat jenis air laut (1.03 t/m²)
 K_D = koefisien stabilitas
 $S_r = 2.3 / 1.03 = 2.23$

Lapis Pelindung Luar (Primary Layer):

$$W = \frac{\gamma_r H^3}{K_D (S_r - 1)^3 \cot \theta}$$

$$= \frac{2.3 \times 1.3344^3}{1.9 \times \left(\frac{2.3}{1.03} - 1\right)^3 \times 2}$$

$$= 0.77 \text{ ton} = 770 \text{ kg}$$

Lapis Pelindung Kedua (Secondary Layer):

$$W = \frac{0.77}{10} = 0.077 \text{ ton} = 77 \text{ kg}$$

Lapis Core Layer:

$$W = \frac{0.77}{200} = 0.00385 \text{ ton} = 3.85 \text{ kg}$$

Diameter Batu

Diameter armour layer berdasarkan buku Manual on the Use of Rock in Coastal and Shoreline Engineering (1991) dapat ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

D = diameter batu (m)
 W = berat butir batu (t)
 γ_r = berat jenis armour (t/m²)

Lapis Pelindung Luar (Primary Layer):

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$= \left(\frac{0.77}{2.3}\right)^{1/3}$$

$$= 0.69 \text{ meter}$$

Lapis Pelindung Kedua (Secondary Layer):

$$D = \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$= \left(\frac{0.077}{2.3}\right)^{1/3}$$

$$= 0.32 \text{ meter}$$

Tebal Lapisan

Tebal lapisan armour layer berdasarkan Hudson (1953) (dalam Triatmojo, 1990) dapat ditunjukkan pada persamaan berikut :

$$t = n k_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

Dimana: n = jumlah lapis batu
 k_Δ = koefisien lapis
 W = berat butir batu
 γ_r = berat jenis armour

Lapis Pelindung Luar (Primary Layer):

$$t = n k_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$= 3 \times 1.15 \times \left(\frac{0.77}{2.3}\right)^{1/3}$$

$$= 2.4 \text{ meter}$$

Lapis Pelindung Kedua (Secondary Layer):

$$t = n k_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$= 3 \times 1.15 \times \left(\frac{0.077}{2.3}\right)^{1/3}$$

$$= 1.11 \text{ meter}$$

Lapis Core Layer:

$$t = n k_\Delta \left(\frac{W}{\gamma_r}\right)^{1/3}$$

$$= 3 \times 1.15 \times \left(\frac{0.00385}{2.3}\right)^{1/3}$$

$$= 0.41 \text{ meter}$$

Lebar Puncak Tiap Lapisan

Lebar puncak tergantung pada limpasan yang diijinkan. Pada kondisi limpasan diijinkan, lebar puncak minimum adalah sama dengan lebar dari tiga butir batu pelindung yang disusun berdampingan. Lebar puncak tiap lapis ditunjukkan pada persamaan berikut ini :

$$B = n k_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r}\right]^{1/3}$$

Dimana: B = lebar puncak tiap lapis pelindung
 n = jumlah lapis batu dalam lapisan ($n_{\min}=3$)
 k_Δ = koefisien lapis

Maka untuk lebar puncak groin adalah sebagai berikut:

$$B = n K_\Delta \left[\frac{W}{\gamma_r}\right]^{1/3}$$

$$= 3 \times 1.15 \times \left[\frac{0.77}{2.3}\right]^{1/3}$$

$$= 2.39 \text{ m}$$

Jumlah Armour Unit

Diperlukan penentuan jumlah armour unit per meter luasnya untuk mempermudah pelaksanaan pekerjaan lapangan. Jumlah butir batu pelindung tiap satu satuan luas (10 m²) dengan porositas = 37, dirumuskan melalui persamaan berikut :

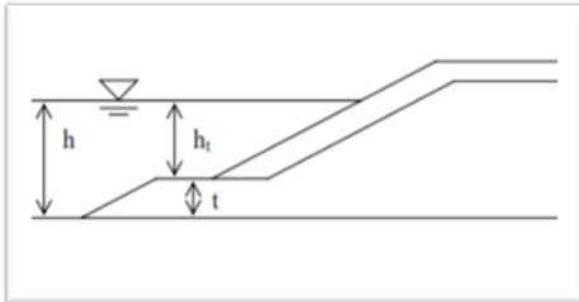
$$N = A \cdot n \cdot K_\Delta \cdot \left[1 - \frac{P}{100}\right] \times \left[\frac{\gamma_r}{W}\right]^{2/3}$$

$$= 10 \cdot 2 \cdot 1.15 \cdot \left[1 - \frac{37}{100}\right] \times \left[\frac{2.3}{0.77}\right]^{2/3}$$

$$= 30.05 \text{ buah} \approx 30 \text{ buah}$$

Toe Protection

Perhitungan tinggi *toe protection* dengan r (tebal lapis rerata) direncanakan = 0.5 m



Gambar 9. Sketsa penentuan tinggi *toe protection*

Tinggi *toe protection* (t)

$$t_{toe} = r = 0.5 \text{ meter}$$

Lebar *toe protection*

$$B = 2H = 2 \times 0.5 = 1 \text{ meter}$$

Berat butir *toe protection*

Berat batu lapis lindung *toe protection* dipergunakan kira-kira setengah dari yang dipergunakan pada dinding tembok (0.5W)

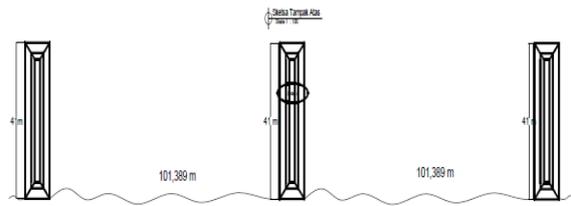
$$\begin{aligned} W &= 0,5 \times 0,77 \text{ ton} \\ &= 0,385 \text{ ton} \\ &= 385 \text{ kg} \end{aligned}$$

Maka berat butir *toe protection* (W) diambil sebesar yaitu $W = 385 \text{ kg}$.

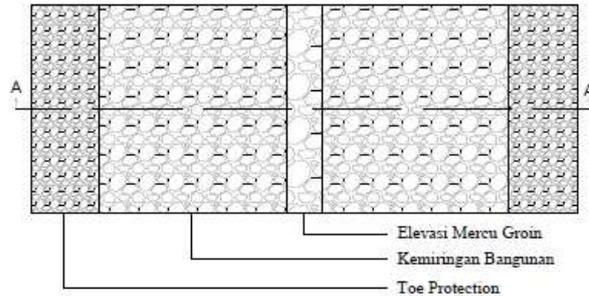
Lapisan Filter

Lapisan filter hanyalah pilihan atau solusi pelindung tambahan yang bisa juga dipakai tergantung pada perencana sesungguhnya dilapangan. Lapisan ini berada diatas lapisan tanah dasar asli dan berfungsi untuk memmeratakan beban serta menahan lapisan batuan diatasnya agar tidak masuk ke dalam tanah dasar tersebut.

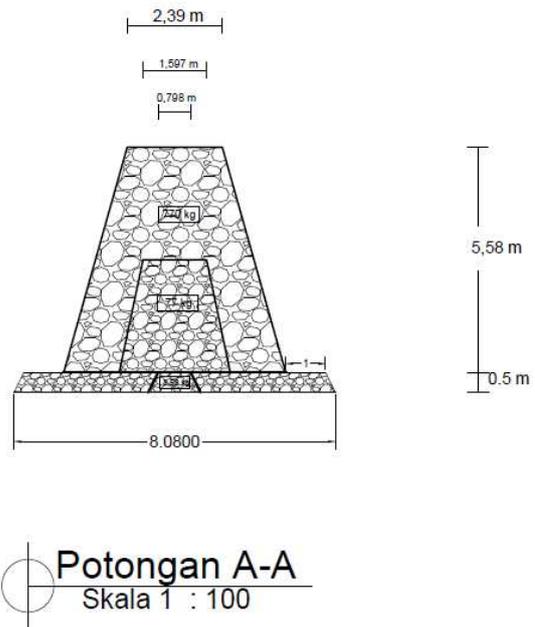
Selain itu lapisan filter juga digunakan untuk melindungi struktur dari perbedaan tekanan gelombang, arus, ground water flow yang dapat menimbulkan perubahan mendadak pada tanah dasar yang nantinya mempengaruhi struktur bangunan groin itu sendiri. Bahan yang digunakan dapat berupa butiran agregat dengan ukuran yang sama dengan lapisan inti, atau bisa juga dengan menggunakan geotextile yang diberi ikatan beton.



Gambar 10. Tampak atas bangunan groin



Gambar 11. Detail A



Gambar 12. Potongan melintang

PENUTUP

Kesimpulan

Dari seluruh rangkaian proses pengamatan sampai dengan analisa dapat disimpulkan beberapa hal penting berkaitan dengan

perencanaan bangunan pengaman pantai di Kima Bajo, antara lain adalah :

1. Mundurnya garis pantai di Kima Bajo disebabkan oleh pengaruh gelombang dan transpor sedimen sepanjang pantai.
2. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan data – data yang ada maka diperoleh perencanaan bangunan pengaman pantai berupa groin. Groin dipilih untuk pengaman pantai di Kima Bajo karena :
 - a. Dapat menahan erosi.
 - b. Dapat menahan limpasan gelombang yang terjadi, sehingga pemukiman dibelakangnya dapat terlindungi.
 - c. Biaya dan tahapan pelaksanaan lebih murah dan mudah dibandingkan dengan bangunan lainnya seperti breakwater.
3. Berdasarkan hasil analisa, diperoleh perencanaan dimensi bangunan sebagai berikut :

- Jenis Bangunan : Groin
- Tinggi Bangunan : 6.08 meter
- Lebar Puncak : 2.39 meter
- Panjang Bangunan : 41 meter
- Kemiringan : 1 : 2
- Fungsi Bangunan : Mengurangi transpor sedimen

Saran

Perencanaan bangunan pelindung pantai menjadi sangat penting apabila daerah tersebut mulai mengalami kemunduran garis pantai dan kerusakan karena berbagai faktor. Daerah yang mengalami kerusakan harus segera dibangun pelindung pantai sebelum terjadi kerusakan yang lebih parah. Apalagi kalau daerah pantai tersebut memiliki berbagai fasilitas umum khususnya sebagai daerah pemukiman penduduk.

DAFTAR PUSTAKA

<http://minutkab.go.id/profil/iklim-dan-geografis.html>

<http://resashogi.blogspot.com/bangunan-pelindung-pantai.html>

Asnawi “ *Perencanaan Bangunan Pengaman Pantai Di Bulu Tuban* “, diakses 2017.

Kaunang, Josua Abimael, 2015. “*Analisis Karakteristik Gelombang & Pasang Surut Pantai Kima Bajo Kabupaten Minahasa Utara*”, Fakultas Teknik Universitas Sam Ratulangi Manado.

Shore Protection Manual Volume I-II, Jurnal, Coastal Engineering Reseach Center (CERC),US Army Corps Of Engineering, Washington, 1984.

Triatmodjo, Bambang. 1999. *Teknik Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 2012. *Perencanaan Bangunan Pantai*. Yogyakarta: Beta Offset.

Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.

Yuwono, Nur., 1992. “ *Teknik Pantai Volume I* ”, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.